

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

POLYFUNKČNÍ DŮM

POLYFUNCTIONAL BUILDING

STATICKÝ VÝPOČET SLOUPU A ZÁKLADOVÉ PATKY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Dávid Fazekas

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Perla

BRNO 2018

Obsah:

1. Úvod.....	3
2. Popis konstrukce.....	3
2.1 Popis objektu.....	3
2.2 Konstrukční systém stavby.....	3
3. Materiálové charakteristiky.....	4
4. Výpočetní metody.....	4
5. Zatížení.....	4
6. Vyztužování.....	4
7. Statický výpočet.....	4

1. Úvod

Specializace práce se zabývá návrhem a dimenzováním železobetonového sloupu a základové patky. V práci se zaměřuje na monolitický deskový skelet na základových patkách, které jsou spojeny základovými pásy, kvůli nerovnoměrnému sedání, na které jsou skelety velmi citlivé. Vybrané 1. NP slouží jako komerční zóna polyfunkční budovy. V tomto podlaží bylo posouzeno nejvíce namáhaný sloup s patkou. Posouzení bylo vypočteno pomocí metody součtových momentů. Součástí práce je výkres vyztužení sloupu a patky. Bylo postupováno v souladu s normami: ČSN EN 1990 (Zásady navrhování konstrukcí), ČSN EN 1991-1-1 (Zatížení konstrukcí Část 1-1), ČSN EN 1992-1-1 (Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí), ČSN 73 1201 (Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb).

2. Popis konstrukce

2.1 Popis objektu

Jedná se o monolitickou železobetonovou stavbu o vnějších rozměrech 50,5 x 30,5 m. Samotná deska je lokálně podepřená o tloušťce 0,2 m. Objekt má 5 nadzemních podlaží. V 1.NP se nachází komerční zóna, ve 2.NP je administrativa a v ostatních podlažích jsou obytné buňky. Výška objektu od nášlapní vrstvy podlahy 1.NP je 19,0 m. Obvodový plášť budovy bylo navrženo z pórobetonových tvárnic tloušťky 0,25 m, a tepelné izolace z minerálních vláken o mocnosti 0,16 m. Fasáda je větraná, byla navržena z barevných, pozinkovaných plechových dílců. Objekt je pokrytý jednoplášťovou plochou střechou se sklonem 2%, ukončena zděnou atikou. Ztužující prvky budovy jsou železobetonové.

2.2 Konstrukční systém stavby

Objekt má základní rastr na osy sloupů 5,0 x 5,0 m. Deska o navržené tloušťce 200 mm je lokálně podepřená sloupy a liniově podepřená tužujícími stěnami. Sloupy mají čtvercový rozměr 0,5 m a jsou vetknuty do základových patek. Základové patky mají stupňovitý tvar. Základová spára je na úrovni -2,83 m, protože se únosná zemina nachází v hloubce 2,0 m pod původním terénem. Únosná zemina je jíl písčité F4-CS, který má pevnou konzistenci a nízkou plasticitu. Ztužující stěny zabezpečují tuhost objektu a přenáší účinky zatížení od větru. Za prostorovou tuhost dále odpovídá ztužující jádro výtahové šachty a železobetonové stěny schodiště o tloušťce 250 mm, které jsou zhotoveny ze železobetonu.

3. Materiálové charakteristiky

Beton: C20/25 – XC2

Součinitel spolehlivosti:

Trvalé a dočasné: $\gamma_c = 1,5$

[Tab. 2.1N, ČSN EN 1992 – 1 – 1]

Válcová pevnost: $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

Krychelná pevnost: $f_{ck,cube} = 25 \text{ MPa}$

Průměrná pevnost v tahu: $f_{ctm} = 2,2 \text{ MPa}$

Modul pružnosti: $E_{cm} = 31 \text{ GPa}$

Jmenovité mezní přetvoření: $\varepsilon_{cu3} = 3,50 \text{ ‰}$

Přetvoření na mezi pevnosti: $\varepsilon_{c3} = 1,75 \text{ ‰}$

[Tab. 3.1N, ČSN EN 1992 – 1 – 1]

Součinitel pro výšku tlačené oblasti $\lambda = 0,8$ pro $f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

Součinitel pro účinnou pevnost $\mu = 1,0$ pro $f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

Návrhová pevnost v tlaku: $f_{cd} = 13,33 \text{ MPa}$ $\alpha_{cc} = 1,0$

Ocel: B500B (10 505.9)

Součinitel spolehlivosti:

Trvalé a dočasné: $\gamma_s = 1,15$

[Tab. 2.1N, ČSN EN 1992 – 1 – 1]

Min. mez kluzu: $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Min. pevnost v tahu: $f_{tk} = 550 \text{ MPa}$

Přetvoření: $\varepsilon_{yd} = 2,17 \text{ ‰}$

Sečnový modul pružnosti: $E = 200 \text{ GPa}$

Návrhová pevnost v tahu: $f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$

4. Výpočetní metody

Pro stanovení vnitřních sil ohybových momentů byla použita ruční metoda součtových momentů dle ČSN 73 1201.

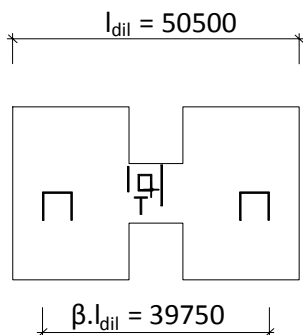
5. Zatížení

V obecné rovině působí na konstrukci čtyři základní zatížení: vlastní tíha, stálé zatížení, proměnné zatížení a užité zatížení ($g_d = 24 \text{ kN/m}^2$). Proměnné zatížení od větru přenáší ztužující stěny a jádra.

6. Vyztužování

Dle statického posudku bylo navrženo do každých sloupů 8 kusů nosných výztuží $\varnothing 16 \text{ mm}$. Kotevní délka výztuže u sloupů je 700 mm. Do základových patek je navrženo výztuž $\varnothing 18$ po 300 mm.

7. Statický výpočet



PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH

TUHOST OBJEKTU

TĚŽIŠTĚ PRŮŘEZU: $A_1 = 1,125\text{m}^2$
 $A_2 = 1,125\text{m}^2$
 $A_3 = 1,125\text{m}^2$
 $A_4 = 1,125\text{m}^2$

$A_5 = 1,863\text{m}^2$
 $A_6 = 1,125\text{m}^2$
 $A_7 = 1,125\text{m}^2$
 $A_8 = 1,125\text{m}^2$

$A_9 = 0,738\text{m}^2$
 $A_{10} = 0,738\text{m}^2$
 $A_{11} = 0,483\text{m}^2$
 $A_{12} = 0,483\text{m}^2$

$$x_T = \frac{\sum A_i \cdot x_i}{\sum A_i} = \frac{1,125 \cdot 5,375 + 1,125 \cdot 7,77 + 1,125 \cdot 10,25 + 1,125 \cdot 20,375 + 1,863 \cdot 26,26 + 1,125 \cdot 40,25 + 1,125 \cdot 42,75 + 1,125 \cdot 45,125 + 2,442 \cdot 23,35}{1,125 + 1,125 + 1,125 + 1,125 + 1,863 + 1,125 + 1,125 + 1,125 + 0,738 + 0,738 + 0,483 + 0,483}$$

$$x_T = \frac{242,382}{9,9295} = 24,41 \text{ m}$$

$$y_T = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i} = \frac{1,125 \cdot 17,75 + 1,125 \cdot 15,13 + 1,125 \cdot 17,75 + 1,125 \cdot 12,75 + 1,863 \cdot 13,73 + 1,125 \cdot 15,13 + 1,125 \cdot 17,75 + 1,125 \cdot 17,75 + 2,442 \cdot 13,38}{1,125 + 1,125 + 1,125 + 1,125 + 1,863 + 1,125 + 1,125 + 1,125 + 0,738 + 0,738 + 0,483 + 0,483}$$

$$y_T = \frac{146,537}{9,9295} = 14,76 \text{ m}$$

MAXIMÁLNÍ DÉLKA DILATAČNÍCH CELKŮ:

$$l_{dil} = 2 \cdot (l_{dil,1} - l_{dil,4}) \cdot \frac{1 - \beta}{1 - \beta_1} + l_{dil,4} = 2 \cdot (54 - 33) \cdot \frac{1 - 0,599}{1 - 0,086} + 33 = 51,42 \text{ m}$$

β - POMĚRNÁ VZÁJEMNÁ VZDÁLENOST OS VNĚJŠÍCH STĚN KRAJNÍCH ZTUŽUJÍCÍCH PRVKŮ VZTAŽENÁ K DÉLCE l_{dil}

β_1 - POMĚRNÁ VZÁJEMNÁ VZDÁLENOST OS KRAJNÍCH STĚN ZTUŽUJÍCÍHO PRVKU VZTAŽENÁ K DÉLCE $l_{dil,1}$

$$l_{dil} \leq l_{dil,1}$$

51,42m ≤ 54m -> VYHOVUJE -> OBJEKT BUDE NAVRŽEN JAKO JEDEN DILATAČNÍ CELEK

LOKÁLNĚ PODEPŘENÁ, BEZHŘÍBOVÁ STROPNÍ DESKA

Rozměry objektu:

$B = 30,5 \text{ m}$

$H = 50,5 \text{ m}$

$l_x = l_y = 5,0 \text{ m}$

$A_{eff} = l_x \cdot l_y = 25 \text{ m}^2$

Počet podlaží:

$NP = 5$

$PP = 0$

Materiál:

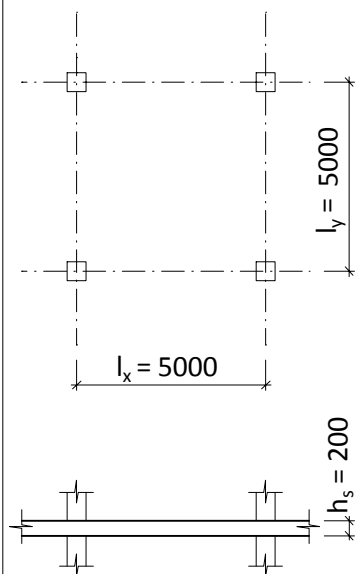
Beton: C 20/25

Výztuž: B500B

Návrh rozměrů desky:

$h_s = 1,21 \cdot h_{s,lim} = 1,21 \cdot 159,72 = 193,26 \Rightarrow 200 \text{ mm}$

$$h_{s,lim} = l_{n,max} \cdot \frac{800 + 0,7 \cdot f_{yk}}{36 + S \cdot E \cdot \eta} = 5 \cdot \frac{800 + 0,7 \cdot 500}{36 + 0} = 159,72 \text{ mm}$$



ZATÍŽENÍ KRAJNÍCH SLOUPŮ SL1*Typické podlaží*

Stálé	tl.: [m]	objemová tíha [kN/m ³]	Zatížení [kN/m ²]
Keramická dlažba	0,008	20,0	0,16
Lepidlo	0,002	16,0	0,032
Betonová mazanina	0,070	21,0	1,470
Tepelná izolace	0,050	0,6	0,030
ŽB deska	0,200	25,0	5,000
Podhled			0,150
Celkem:			6,842

Užitné	2,5 kN/m²
---------------	-----------------------------

Střecha

Stálé	tl.: [m]	objemová tíha [kN/m ³]	Zatížení [kN/m ²]
Říční kamenivo	0,1	16,5	1,65
2xHI	0,008	12,1	0,097
TI	0,300	0,5	0,150
ŽB deska	0,200	25,0	5,000
Podhled			0,150
Celkem:			7,047

Užitné	1 kN/m²
---------------	---------------------------

Proměnné - sníh	0,8 kN/m²
------------------------	-----------------------------

Kombinace 6.10

$$a) \quad f_d = \sum \gamma_G \cdot g_k + \gamma_P \cdot p + \gamma_Q \cdot q_k + \psi_0 + \sum \gamma_Q \cdot q_{k,i} \cdot \psi_{0,i}$$

$$F_d = 24,00 \text{ kN/m}^2$$

$$b) \quad f_d = \xi \gamma_G \cdot g_k + \gamma_P \cdot p + \gamma_Q \cdot q_k + \sum \gamma_Q \cdot q_{k,i} \cdot \psi_{0,i}$$

$$F_d = 21,19 \text{ kN/m}^2$$

Předběžný návrh rozměru sloupů

$$N_{Ed} = (\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k) \cdot A_{ZAT} = 4 \cdot (1,35 \cdot 6,842 + 1,5 \cdot 2,5) \cdot 2,5 \cdot 2,5 + (1,35 \cdot 7,047 + 1,5 \cdot 1) \cdot 2,5 \cdot 2,5 + 144,28 =$$

$$N_{Ed} = 545,2811 \text{ kN}$$

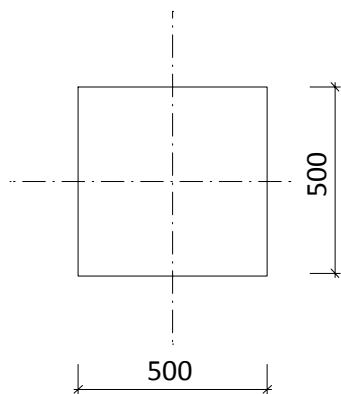
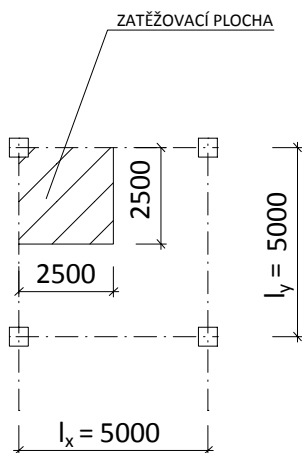
$$N_{Ed,Sl} = 1,35 \cdot g_{k,Sl} = 144,28125 \text{ kN}$$

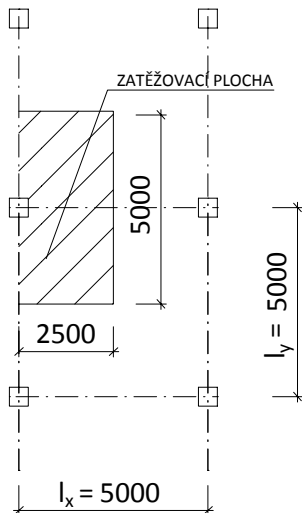
$$g_{k,Sl} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot [(2 \cdot 3,6) + (3 \cdot 3,3)] \cdot 25 = 106,875 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = (0,8 \cdot f_{cd} + 0,015 \cdot f_{yd}) \cdot c = (0,8 \cdot 13,333 \cdot 10^3 + 0,015 \cdot 434,783 \cdot 10^3) \cdot 0,95 = 16328,74 \text{ kPa}$$

$$A_{Sl} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{545,2811}{16328,74} = 0,033394 \text{ m}^2$$

$$a = \sqrt{A_{Sl}} = \sqrt{0,033} = 0,18274 \text{ m} \rightarrow$$

SLOUP: 0,5 x 0,5 m

ZATÍŽENÍ MEZILEHLÝCH KRAJNÍCH SLOUPŮ SL2*Typické podlaží*

Stálé	tl.: [m]	objemová tíha [kN/m³]	Zatížení [kN/m²]
Keramická dlažba	0,008	20,0	0,16
Lepidlo	0,002	16,0	0,032
Betonová mazanina	0,070	21,0	1,470
Tepelná izolace	0,050	0,6	0,030
ŽB deska	0,200	25,0	5,000
Podhled			0,150
Celkem:			6,842

Užitné	2,5 kN/m²
---------------	------------------

Střecha

Stálé	tl.: [m]	objemová tíha [kN/m³]	Zatížení [kN/m²]
Říční kamenivo	0,1	16,5	1,65
2xHI	0,008	12,1	0,097
TI	0,300	0,5	0,150
ŽB deska	0,200	25,0	5,000
Podhled			0,150
Celkem:			7,047

Užitné	1 kN/m²
---------------	----------------

Proměnné - sníh	0,8 kN/m²
------------------------	------------------

Kombinace 6.10

$$a) \quad f_d = \sum \gamma_G \cdot g_k + \gamma_P \cdot p + \gamma_Q \cdot q_k \cdot \psi_0 + \sum \gamma_Q \cdot q_{k,i} \cdot \psi_{0,i}$$

$$F_d = 24,00 \text{ kN/m}^2$$

$$b) \quad f_d = \xi \gamma_G \cdot g_k + \gamma_P \cdot p + \gamma_Q \cdot q_k + \sum \gamma_Q \cdot q_{k,i} \cdot \psi_{0,i}$$

$$F_d = 21,19 \text{ kN/m}^2$$

Předběžný návrh rozměru sloupů

$$N_{Ed} = (\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k) \cdot A_{ZAT} = 4 \cdot (1,35 \cdot 6,842 + 1,5 \cdot 2,5) \cdot 2,5 \cdot 5 + (1,35 \cdot 7,047 + 1,5 \cdot 1) \cdot 2,5 \cdot 5 + 144,28 =$$

$$N_{Ed} = 946,281 \text{ kN}$$

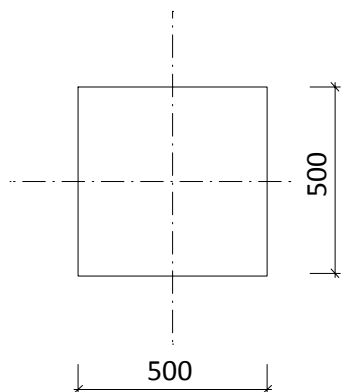
$$N_{Ed,Sl} = 1,35 \cdot g_{k,Sl} = 144,28125 \text{ kN}$$

$$g_{k,Sl} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot [(2 \cdot 3,6) + (3 \cdot 3,3)] \cdot 25 = 106,875 \text{ kN}$$

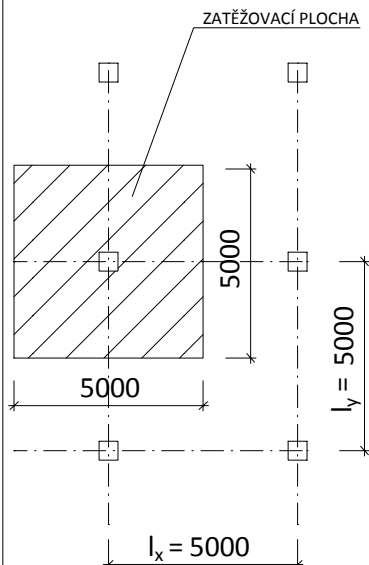
$$N_{Rd} = (0,8 \cdot f_{cd} + 0,015 \cdot f_{yd}) \cdot c = (0,8 \cdot 13,333 \cdot 10^3 + 0,015 \cdot 434,783 \cdot 10^3) \cdot 0,95 = 16328,74 \text{ kPa}$$

$$A_{Sl} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{946,281}{16328,74} = 0,057952 \text{ m}^2$$

$$a = \sqrt{A_{Sl}} = \sqrt{0,058} = 0,240732 \text{ m} \rightarrow$$

SLOUP: 0,5 x 0,5 m

ZATÍŽENÍ VNITŘNÍCH SLOUPŮ SL3



Typické podlaží

Stálé	tl.: [m]	objemová tíha [kN/m³]	Zatížení [kN/m²]
Keramická dlažba	0,008	20,0	0,16
Lepidlo	0,002	16,0	0,032
Betonová mazanina	0,070	21,0	1,470
Tepelná izolace	0,050	0,6	0,030
ŽB deska	0,200	25,0	5,000
Podhled			0,150
Celkem:			6,842

Užitné	2,5 kN/m²
---------------	------------------

Střecha

Stálé	tl.: [m]	objemová tíha [kN/m³]	Zatížení [kN/m²]
Říční kamenivo	0,1	16,5	1,65
2xHI	0,008	12,1	0,097
TI	0,300	0,5	0,150
ŽB deska	0,200	25,0	5,000
Podhled			0,150
Celkem:			7,047

Užitné	1 kN/m²
---------------	----------------

Proměnné - sníh	0,8 kN/m²
------------------------	------------------

Kombinace 6.10

$$a) \quad f_d = \sum \gamma_G \cdot g_k + \gamma_P \cdot p + \gamma_Q \cdot q_k + \psi_0 + \sum \gamma_Q \cdot q_{k,i} \cdot \psi_{0,i}$$

$$F_d = 24,00 \text{ kN/m}^2$$

$$b) \quad f_d = \xi \gamma_G \cdot g_k + \gamma_P \cdot p + \gamma_Q \cdot q_k + \sum \gamma_Q \cdot q_{k,i} \cdot \psi_{0,i}$$

$$F_d = 21,19 \text{ kN/m}^2$$

Předběžný návrh rozměru sloupů

$$N_{Ed} = (\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k) \cdot A_{ZAT} = 4 \cdot (1,35 \cdot 6,842 + 1,5 \cdot 2,5) \cdot 5,5 + (1,35 \cdot 7,047 + 1,5 \cdot 1) \cdot 5,5 + 144,28 =$$

$$N_{Ed} = 1748,51 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,Sl} = 1,35 \cdot g_{k,Sl} = 144,28125 \text{ kN}$$

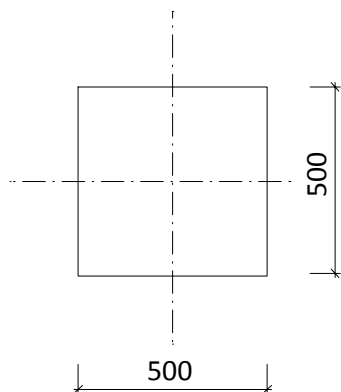
$$g_{k,Sl} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot [(2 \cdot 3,6) + (3 \cdot 3,3)] \cdot 25 = 106,875 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = (0,8 \cdot f_{cd} + 0,015 \cdot f_{yd}) \cdot c = (0,8 \cdot 13,333 \cdot 10^3 + 0,015 \cdot 434,783 \cdot 10^3) \cdot 0,95 = 16328,74 \text{ kPa}$$

$$A_{Sl} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{1748,51}{16328,74} = 0,107068 \text{ m}^2$$

$$a = \sqrt{A_{Sl}} = \sqrt{0,107} = 0,327212 \text{ m} \rightarrow$$

SLOUP: 0,5 x 0,5 m



ZATÍŽENÍ VNITŘNÍCH SLOUPŮ SL4

Typické podlaží

Stálé	tl.: [m]	objemová tíha [kN/m ³]	Zatížení [kN/m ²]
Keramická dlažba	0,008	20,0	0,16
Lepidlo	0,002	16,0	0,032
Betonová mazanina	0,070	21,0	1,470
Tepelná izolace	0,050	0,6	0,030
ŽB deska	0,200	25,0	5,000
Podhled			0,150
Celkem:			6,842

Užitné	2,5 kN/m²
---------------	-----------------------------

Střecha

Stálé	tl.: [m]	objemová tíha [kN/m ³]	Zatížení [kN/m ²]
Říční kamenivo	0,1	16,5	1,65
2xHI	0,008	12,1	0,097
TI	0,300	0,5	0,150
ŽB deska	0,200	25,0	5,000
Podhled			0,150
Celkem:			7,047

Užitné	1 kN/m²
---------------	---------------------------

Proměnné - sníh	0,8 kN/m²
------------------------	-----------------------------

Kombinace 6.10

$$a) \quad f_d = \sum \gamma_G \cdot g_k + \gamma_P \cdot p + \gamma_Q \cdot q_k + \psi_0 + \sum \gamma_Q \cdot q_{k,i} \cdot \psi_{0,i}$$

$$F_d = 24,00 \text{ kN/m}^2$$

$$b) \quad f_d = \xi \gamma_G \cdot g_k + \gamma_P \cdot p + \gamma_Q \cdot q_k + \sum \gamma_Q \cdot q_{k,i} \cdot \psi_{0,i}$$

$$F_d = 21,19 \text{ kN/m}^2$$

Předběžný návrh rozměru vnitřních sloupů

$$N_{Ed} = (\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k) \cdot A_{ZAT} = 4 \cdot (1,35 \cdot 6,842 + 1,5 \cdot 2,5) \cdot 5,5 + (1,35 \cdot 7,047 + 1,5 \cdot 1) \cdot 5,5 + 144,28 + 1154,25 =$$

$$N_{Ed} = 2902,53075 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,Sl} = 1,35 \cdot g_{k,Sl} = 144,28125 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,St} = 1,35 \cdot g_{k,St} = 1154,25 \text{ kN}$$

$$g_{k,Sl} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot [(2 \cdot 3,6) + (3 \cdot 3,3)] \cdot 25 = 106,875 \text{ kN}$$

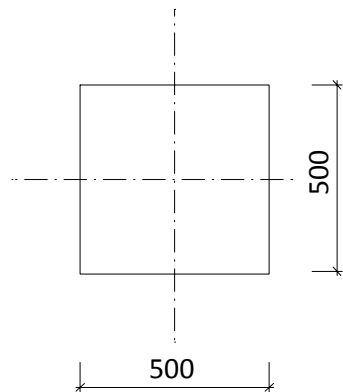
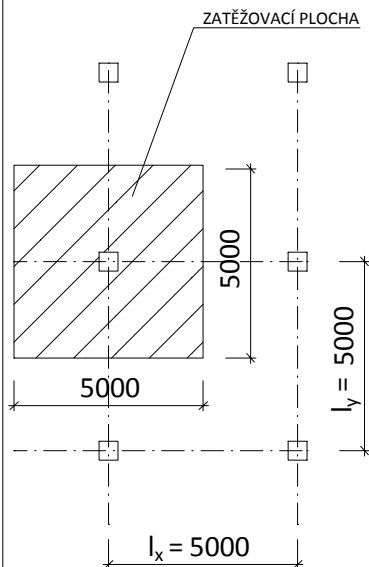
$$g_{k,St} = 4 \cdot 0,25 \cdot 2,0 \cdot [(2 \cdot 3,6) + (3 \cdot 3,3)] \cdot 25 = 855 \text{ kN}$$

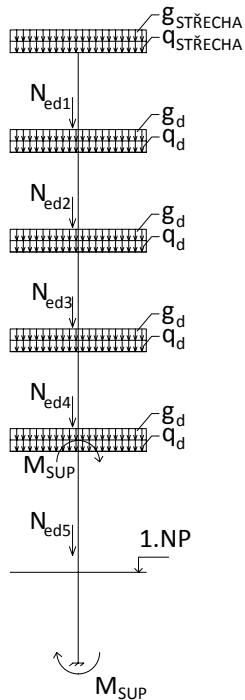
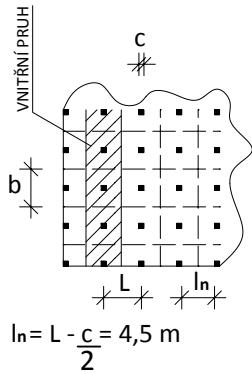
$$N_{Rd} = (0,8 \cdot f_{cd} + 0,015 \cdot f_{yd}) \cdot c = (0,8 \cdot 13,333 \cdot 10^3 + 0,015 \cdot 434,783 \cdot 10^3) \cdot 0,95 = 16328,74 \text{ kPa}$$

$$A_{Sl} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{2902,53}{16328,74} = 0,177756 \text{ m}^2$$

$$a = \sqrt{A_{Sl}} = \sqrt{0,178} = 0,421611 \text{ m} \rightarrow$$

SLOUP: 0,5 x 0,5 m





VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL POMOCÍ METODY SOUČTOVÝCH MOMENTŮ

CELKOVÉ MOMENTY - VNITŘNÍ PRUH:

$$M_{TOT} = \frac{1}{8} (\sum g_d + \sum q_d) \cdot b \cdot l_n^2 = \frac{1}{8} 12,99 \cdot 5 \cdot 4,5^2 = 164,36 \text{ kN.m}$$

$$M_{TOT}^{\ominus} = -0,65 \cdot M_{TOT} = -0,65 \cdot 164,36 = -106,84 \text{ kN.m}$$

$$M_{TOT}^{\oplus} = \delta_2 \cdot 0,35 \cdot M_{TOT} = 1,0 \cdot 0,35 \cdot 164,36 = 57,53 \text{ kN.m}$$

SLOUPOVÝ PRUH - VNITŘNÍ POLE:

$$M_{SUP} = 0,07 \cdot [(\sum g_{d,ln} + \sum q_{d,ln}) \cdot b_{ln} \cdot l_{ln}^2 - g_{d,sh} \cdot b_{sh} \cdot l_{sh}^2] =$$

$$= 0,07 \cdot [(1,35 \cdot 6,842 + 1,5 \cdot 2,5) \cdot 5 \cdot 0,4,5^2 - (1,35 \cdot 6,842 \cdot 5 \cdot 0,4,5^2)] = 26,58 \text{ kN.m}$$

HLAVA SLOUPU

max M_{ED} [kN.m]	26,58	-> odpovídající N [kN]	2629,16
------------------------	-------	---------------------------	---------

PATA SLOUPU

max M_{ED} [kN.m]	26,58	-> odpovídající N [kN]	2902,53
------------------------	-------	---------------------------	---------

NÁVRH A POSOUZENÍ SLOUPU

Beton: C 20/25

f_{ck} : 20 MPa

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,5} = 13,333 \text{ MPa}$$

f_{ctm} : 2,2 MPa

$f_{ctk,0.05}$: 1,5 MPa

$\epsilon_{cu,3}$: 0,0035

Výztuž: B500B

f_{yk} : 500 MPa

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,78}{200 \cdot 10^3} = 2,17 \cdot 10^{-3}$$

max $M_{ED} = 26,58 \text{ kN.m}$

min $M_{ED} = -26,58 \text{ kN.m}$

max $N_{ED} = -2902,53 \text{ kN}$

min $N_{ED} = -2629,16 \text{ kN}$

SLOUP: 500 x 500 mm

$$A_c : 250000 \text{ mm}^2 = 0,25 \text{ m}^2$$

$l_{eff} = 3750 \text{ mm}$

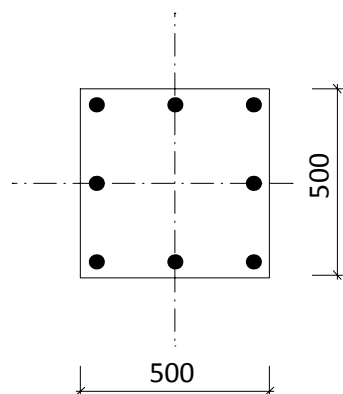
$$l_0 = \beta \cdot l_{eff} = 0,7 \cdot 3750 = 2625 \text{ mm}$$

$M_{SUP} = 26,58 \text{ kN.m}$

$N_{ed} = 2629,156 \text{ kN}$

$M_{SUP} = -26,58 \text{ kN.m}$

$N_{ed} = 2902,53 \text{ kN}$

**NÁVRH VÝZTUŽE:**

$$8 \text{ } \varnothing 16 \rightarrow A_s = 16,08 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$c_{\min} = \max \{ 16 ; 25 ; 10 \} = 25 \text{ mm}$$

$$c_{\text{nom}} = 25 + 10 = 35 \text{ mm} \Rightarrow c = 35 \text{ mm}$$

$$d_1 = 35 + 8 + (16/2) = 51 \text{ mm}$$

$$A_{s,\min} = \max \left\{ \frac{0,1 \cdot N_{\text{ED}}}{f_{yD}} ; 0,002 \cdot A_c \right\} = \left\{ \frac{0,1 \cdot 2902,53}{434,78 \cdot 10^3} ; 0,002 \cdot 0,25 \right\} = \left\{ 6,67 \cdot 10^{-4} ; 5 \cdot 10^{-4} \right\}$$

$$A_{s,\min} = 6,67 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,\max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 0,25 = 100 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,\min} \leq A_s \leq A_{s,\max} \Rightarrow 6,67 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \leq 16,08 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \leq 100 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

TŘMÍNKY: NÁVRH $\varnothing 8$

$$\varnothing 8 > \frac{\varnothing 16}{4} = 4,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$S \leq 15 \varnothing = 240 \text{ mm}$$

$$S \leq a = 500 \text{ mm}$$

$$S \leq 400 \text{ mm}$$

$$\left. \begin{array}{l} S \leq 15 \varnothing = 240 \text{ mm} \\ S \leq a = 500 \text{ mm} \\ S \leq 400 \text{ mm} \end{array} \right\} \text{NÁVRH: } S = 240 \text{ mm}$$

$$\text{ZHUSTĚNÍ: } S_b = 0,6 \cdot 240 = 144 \text{ mm} \Rightarrow 140 \text{ mm}$$

VLIV IMPERFEKČÍ PRO max M_{ED} :

$$e_i = \frac{l_0}{500} = \frac{2625}{500} = 5,25 \text{ mm}$$

$$e_1 = \frac{M_{\text{ED}}}{N_{\text{ED}}} = \frac{26,58 \cdot 10^3}{2629,16 \cdot 10^3} = 10,11 \text{ mm}$$

$$e_0 = \max \left\{ \frac{h}{30} ; 20 \right\} = \left\{ \frac{500}{30} ; 20 \right\} = \left\{ 16,7 ; 20 \right\} \Rightarrow 20 \text{ mm}$$

$$e_1 + e_i = 15,36 \text{ mm}$$

$$M_{\text{OED}} = N_{\text{ED}} \cdot (e_1 + e_i) = 2629,16 \cdot 15,36 \cdot 10^{-3} = 40,38 \text{ kN.m}$$

POSOUZENÍ ŠTÍHLOSTI:

$$\lambda < \lambda_{\text{lim}}$$

$$\lambda_{\text{lim}} = \frac{20 \cdot ABC}{\sqrt{n}} = \frac{20 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot 0,7}{\sqrt{0,41}} = 16,84$$

$$n = \frac{N_{\text{ED}}}{A_c \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{2629,16}{0,25 \cdot 13,333 \cdot 10^3} = 0,789 \geq 0,41 \Rightarrow n = 0,41$$

$$I = \frac{1}{12} b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,5 \cdot 0,5^3 = 5,21 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A_c}} = \sqrt{\frac{5,21 \cdot 10^{-3}}{0,25}} = 0,144$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{2,625}{0,144} = 18,23$$

18,23 < 16,84 \Rightarrow SLOUP JE ŠTÍHLÝ - ÚČINKY DRUHÉHO ŘÁDU

SPECIALIZACE PRÁCE	POLYFUNKČNÍ DŮM	Bc. DÁVID FAZEKAS
	<p>ÚČINKY DRUHÉHO ŘÁDU:</p> $M_2 = N_{ED} \cdot e_2 = 2629,16 \cdot 8,27 \cdot 10^{-3} = 21,74 \text{ kN.m}$ $e_2 = \frac{1}{r} \cdot \frac{l_0^2}{c} = 0,012 \cdot \frac{2,625^2}{10} = 8,27 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ $\frac{1}{r} = K_r \cdot K_\varphi \cdot \frac{1}{r_0} = 0,985 \cdot 1,23 \cdot 9,66 \cdot 10^{-3} = 0,012$ $\frac{1}{r_0} = \frac{\epsilon_{yD}}{0,45d} = \frac{2,17 \cdot 10^{-3}}{0,45 \cdot 0,5} = 9,66 \cdot 10^{-3}$ $K_r = \frac{n_u - n}{n_u - n_{bal}} = \frac{1,087 - 0,41}{1,087 - 0,4} = 0,985 < 1,0$ $n_u = 1 + \omega = 1 + 0,087 = 1,087$ $\omega = \frac{A_s \cdot f_{yD}}{A_c \cdot f_{cD}} = \frac{6,67 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^3}{0,25 \cdot 13,333 \cdot 10^3} = 0,087$ $K_\varphi = 1 + \beta \cdot \varphi_{eff} = 1 + 0,33 \cdot 0,69 = 1,23 > 1,0$ $\beta = 0,35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda}{150} = 0,35 + \frac{20}{200} - \frac{18,23}{150} = 0,33$ $\varphi_{eff} = \varphi_{(\infty; t_0)} \cdot \frac{M_{OEqp}}{M_{OED}} = 3,5 \cdot \frac{7,97}{40,38} = 0,69$ $M_{ED} = M_{OED} + M_2 = 40,38 + 21,74 = \mathbf{62,123 \text{ kN.m}}$ <p>VLIV IMPERFEKČÍ PRO max M_{ED}:</p> $e_i = \frac{l_0}{500} = \frac{2625}{500} = 7,5 \text{ mm}$ $e_1 = \frac{M_{ED}}{N_{ED}} = \frac{26,58 \cdot 10^3}{2902,53 \cdot 10^3} = 9,16 \text{ mm}$ $e_0 = \max \left\{ \frac{h}{30} ; 20 \right\} = \left\{ \frac{500}{30} ; 20 \right\} = \left\{ 16,7 ; 20 \right\} \Rightarrow 20 \text{ mm}$ $e_1 + e_i = 16,66 \text{ mm}$ $M_{OED} = N_{ED} \cdot (e_1 + e_i) = 2902,53 \cdot 16,66 \cdot 10^{-3} = 48,35 \text{ kN.m}$ <p>POSOUZENÍ ŠTÍHLOSTI:</p> $\lambda < \lambda_{lim}$ $\lambda_{lim} = \frac{20 \cdot ABC}{\sqrt{n}} = \frac{20 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot 0,7}{\sqrt{0,41}} = 16,84$ $n = \frac{N_{ED}}{A_c \cdot f_{cD}} = \frac{2902,53}{0,25 \cdot 13,333 \cdot 10^3} = 0,871 \geq 0,41 \Rightarrow n = 0,41$ $I = \frac{1}{12} b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,5 \cdot 0,5^3 = 5,21 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ $i = \sqrt{\frac{I}{A_c}} = \sqrt{\frac{5,21 \cdot 10^{-3}}{0,25}} = 0,144$ $\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{2,625}{0,144} = 18,23$ $18,23 \nless 16,84 \Rightarrow \text{SLOUP JE ŠTÍHLÝ - ÚČINKY DRUHÉHO ŘÁDU}$	
	-8-	

SPECIALIZACE PRÁCE	POLYFUNKČNÍ DŮM	Bc. DÁVID FAZEKAS
	<p>ÚČINKY DRUHÉHO ŘÁDU:</p> $M_2 = N_{ED} \cdot e_2 = 2902,53 \cdot 7,58 \cdot 10^{-3} = 22,0 \text{ kN.m}$ $e_2 = \frac{1}{r} \cdot \frac{l_0^2}{c} = 0,011 \cdot \frac{2,625^2}{10} = 7,58 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ $\frac{1}{r} = K_r \cdot K_\varphi \cdot \frac{1}{r_0} = 0,985 \cdot 1,19 \cdot 9,66 \cdot 10^{-3} = 0,011$ $\frac{1}{r_0} = \frac{\epsilon_{yD}}{0,45d} = \frac{2,17 \cdot 10^{-3}}{0,45 \cdot 0,5} = 9,66 \cdot 10^{-3}$ $K_r = \frac{n_u - n}{n_u - n_{bal}} = \frac{1,087 - 0,41}{1,087 - 0,4} = 0,985 < 1,0$ $n_u = 1 + \omega = 1 + 0,087 = 1,087$ $\omega = \frac{A_s \cdot f_{yD}}{A_c \cdot f_{cD}} = \frac{6,67 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^3}{0,25 \cdot 13,333 \cdot 10^3} = 0,087$ $K_\varphi = 1 + \beta \cdot \varphi_{eff} = 1 + 0,33 \cdot 0,58 = 1,19 > 1,0$ $\beta = 0,35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda}{150} = 0,35 + \frac{20}{200} - \frac{18,23}{150} = 0,33$ $\varphi_{eff} = \varphi_{(\infty; t_0)} \cdot \frac{M_{OEqp}}{M_{OED}} = 3,5 \cdot \frac{7,97}{48,35} = 0,58$ $M_{ED} = M_{OED} + M_2 = 48,35 + 22,0 = \mathbf{70,35 \text{ kN.m}}$	

-9-

INTERAKČNÍ DIAGRAM - VÝPOČET BODŮ

$$A_{S1} = A_{S3}$$

$$A_{S1} = 6,03 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{S2} = 4,02 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$F_{S1} = F_{S3} = A_{S1} \cdot f_{yD} = 6,03 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^3 = 262,17 \text{ kN}$$

$$F_{S2} = A_{S2} \cdot f_{yD} = 4,02 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^3 = 174,78 \text{ kN}$$

$$b = 0,5 \text{ m}$$

$$h = 0,5 \text{ m}$$

$$d_1 = 51 \text{ mm}$$

$$d = 449 \text{ mm}$$

$$z_1 = z_2 = \frac{h}{2} - d_1 = \frac{0,5}{2} - 0,051 = 0,199 \text{ m}$$

BOD 0

$$N_{RD,0} = - (b \cdot h \cdot \eta \cdot f_{cD} + \sum A_{S_i} \cdot \sigma_s) = - (0,5 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 13,333 \cdot 10^3 + 16,08 \cdot 10^{-4} \cdot 400 \cdot 10^3) = -3976,45 \text{ kN}$$

$$\sigma_s = \epsilon_{c2} \cdot E_s = 0,002 \cdot 200 \cdot 10^3 = 400 \text{ MPa}$$

$$M_{ED,0} = (A_{S1} \cdot z_1 - A_{S2} \cdot z_2) \cdot \sigma_s = 0 \text{ kN.m}$$

BOD 1

$$\epsilon_{S1} = 0; F_{S1} = 0 \text{ kN}; x = d$$

$$N_{RD1} = - (\lambda \cdot b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cD} + A_{S2} \cdot \sigma_s + A_{S3} \cdot \sigma_s) = - (0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,449 \cdot 1 \cdot 13,333 \cdot 10^3 + 160,8 + 241,2) = -2796,607 \text{ kN}$$

$$M_{RD1} = \frac{\lambda \cdot b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cD} (h - \lambda \cdot d)}{2} + A_{S3} \sigma_s \cdot z_2 = \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,449 \cdot 1 \cdot 13,333 \cdot 10^3 (0,5 - 0,8 \cdot 0,449)}{2} + 241,2 \cdot 0,199 = 216,579 \text{ kN.m}$$

BOD 2

$$N_{RD,bal} = - (\lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cD} + A_{S3} \cdot \sigma_s - F_{S2} - F_{S1}) = - (0,8 \cdot 0,617 \cdot 0,449 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 13,333 \cdot 10^3 + 241,2 - 174,78 - 262,17) = -1241,014 \text{ kN}$$

$$\xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu,3}}{\epsilon_{cu,3} + \epsilon_{yD}} = \frac{3,5}{3,5 + 2,17} = 0,617$$

$$M_{RD,bal} = \frac{\lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cD} (h - \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d)}{2} + F_{S1} \cdot z_1 + A_{S3} \cdot z_2 = \frac{0,8 \cdot 0,617 \cdot 0,449 \cdot 1 \cdot 13,333 \cdot 10^3 (0,5 - 0,8 \cdot 0,617 \cdot 0,449)}{2} + 262,17 \cdot 0,199 + 241,2 \cdot 0,199 = 305,82 \text{ kN.m}$$

BOD 3

$$N_{RD3} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{RD3} = \frac{\lambda \cdot x \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cD} (h - \lambda \cdot x)}{2} + A_{S3} \cdot \epsilon_{cu,3} \cdot E_s \cdot z_2 + A_{S1} \cdot f_{yD} \cdot z_1 = \frac{0,8 \cdot 0,06 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 13,333 \cdot 10^3 (0,5 - 0,8 \cdot 0,06)}{2} + 6,03 \cdot 10^{-4} (5,25 \cdot 10^4) \cdot 200 \cdot 10^6 \cdot 0,199 + 6,03 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot 0,199 = 126,1 \text{ kN.m}$$

$$\epsilon_{S3} = \frac{\epsilon_{cu,3}}{x} (x - d_2) = \frac{0,0035}{0,06} (0,06 - 0,051) = 5,25 \cdot 10^{-4}$$

$$\epsilon_{S3} < \epsilon_{yD}$$

$$0,525 < 2,39 \%$$

$$\lambda \cdot x^2 \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cD} + A_{S3} \cdot \epsilon_{cu,3} \cdot E_s \cdot x - A_{S3} \cdot \epsilon_{cu,3} \cdot E_s \cdot d_2 - A_{S1} \cdot f_{yD} \cdot x = 0$$

$$0,8 \cdot x^2 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 13,333 \cdot 10^3 + 6,03 \cdot 10^{-4} \cdot 0,0035 \cdot 200 \cdot 10^6 \cdot x - 6,03 \cdot 10^{-4} \cdot 0,0035 \cdot 200 \cdot 10^6 \cdot 0,051 - 6,03 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot x = 0$$

$$5333,2 x^2 + 159,93 x - 21,53 = 0$$

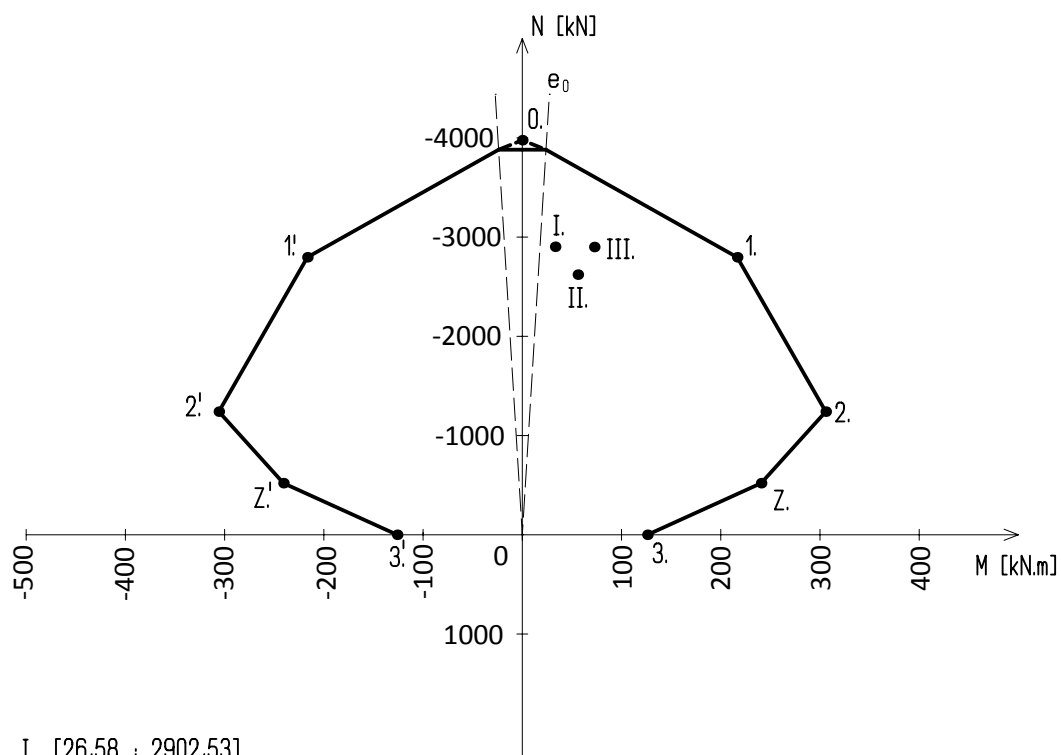
$$x = 0,06$$

SPECIALIZACE PRÁCE		POLYFUNKČNÍ DŮM	Bc. DÁVID FAZEKAS
		<div>BOD Z</div> $N_{RD,Z} = -(\lambda \cdot \xi_{bal,Z} \cdot b \cdot d_2 \cdot \eta \cdot f_{CD} + \Delta F_S) = -(0,8,2,632 \cdot 0,5,0,051 \cdot 1,13,333 \cdot 10^3 - 195,75) = \mathbf{-520,136 \text{ kN}}$ $\xi_{bal,1} = \frac{\epsilon_{cu,3}}{\epsilon_{cu,3} - \epsilon_{yD}} = \frac{3,5}{3,5 - 2,17} = 2,632$ $\Delta F_S = A_{S3} \cdot \sigma_S - F_{S2} - F_{S1} = 241,2 - 174,78 - 262,17 = -195,75 \text{ kN}$ $M_{RD,Z} = \frac{\lambda \cdot \xi_{bal,Z} \cdot b \cdot d_2 \cdot \eta \cdot f_{CD} (h - \lambda \cdot \xi_{bal,Z} \cdot d_2)}{2} + F_{S1} \cdot z_1 + A_{S3} \cdot \sigma_S \cdot z_2 =$ $= \frac{0,8,2,632 \cdot 0,5,0,051 \cdot 1,13,333 \cdot 10^3 \cdot (0,5 - 0,8,2,632 \cdot 0,051)}{2} + 262,17 \cdot 0,199 + 241,2 \cdot 0,199 = \mathbf{240,70 \text{ kN.m}}$	
BOD 0			
BOD 1			
BOD 2			
BOD 3			
BOD Z			

$$e_0 = \frac{h}{30} = \frac{500}{30} = 16,667$$

$$\arctg 16,667 = 86^\circ 6'$$

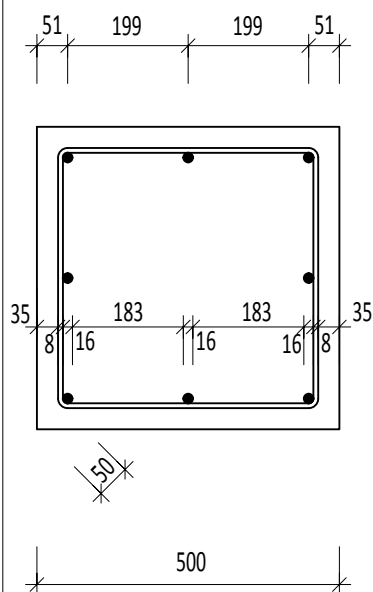
INTERAKČNÍ DIAGRAM



I. [26,58 ; 2902,53]

II. [62,12 ; 2629,16]

III. [70,35 ; 2902,53]



VÝPOČET KOTEVNÍ DÉLKY:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 2,70 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rgd} = \frac{16}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{16}{4} \cdot \frac{434,78}{2,70} = 644,12 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rgd} = 1,0 \cdot 0,68 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 644,12 = 438,00 \text{ mm}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0,15 \cdot \frac{c_d - \varnothing}{\varnothing} = 1 - 0,15 \cdot \frac{50 - 16}{16} = 0,68$$

$$c_d = \min \left\{ \frac{a}{2} ; c_1 ; c \right\} = \min \left\{ \frac{130}{2} ; 130 ; 50 \right\} = 50 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = 500 \text{ mm}$$

ZÁKLADOVÁ KRAJNÍ PATKA ZP1**STANOVENÍ ZATÍŽENÍ:**

$$\max N_{ed} = N_{ed1} + N_{ed2} = 588,10 \text{ kN}$$

$$N_{ed1} = 545,28 \text{ kN}$$

$$N_{ed2} = (1,35 \cdot g_{k,sl}) + (1,35 \cdot g_{k,st}) = 42,82 \text{ kN}$$

$$g_{k,sl} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,75 \cdot 25 = 10,94 \text{ kN}$$

$$g_{k,st} = 2 \cdot [(0,25 \cdot 1,75 \cdot 0,95) \cdot 25] = 20,78 \text{ kN}$$

$g_{k,sl}$ - VLASTNÍ TÍHA SLOUPU

$g_{k,st}$ - VLASTNÍ TÍHA ŽB BEDNÍCÍCH TVÁRNIC

VLASTNÍ TÍHA PATKY A NÁSYPU:

$$G_p = (2,0 \cdot 2,0 \cdot 0,75 \cdot 25) = 75,00 \text{ kN}$$

$$S_p = [(2,0 \cdot 2,0 \cdot 1,45 \cdot 16) + (2,0 \cdot 2,0 \cdot 0,3 \cdot 16 \cdot 5)] = 92,19 \text{ kN}$$

ZATÍŽENÍ:

Stálé	Zatížení [kN]
Vlastní tíha patky	75,00
Násyp	92,19
Celkem:	167,19

$$\text{Proměnné: } [(2,0 \cdot 2,0) - (0,5 \cdot 0,5)] \cdot 5,0 = 18,75 \text{ kN}$$

$$\max Z_{ed} = (1,35 \cdot 167,19) + (1,5 \cdot 18,75) = 253,83 \text{ kN}$$

NÁVRH ROZMĚRU PATKY:

$$F_{ed} = N_{ed} + Z_{ed} = 588,10 + 253,83 = 841,93 \text{ kN}$$

$$\sigma_z = \frac{F_{ed}}{A'} \leq \frac{R_d}{A'}$$

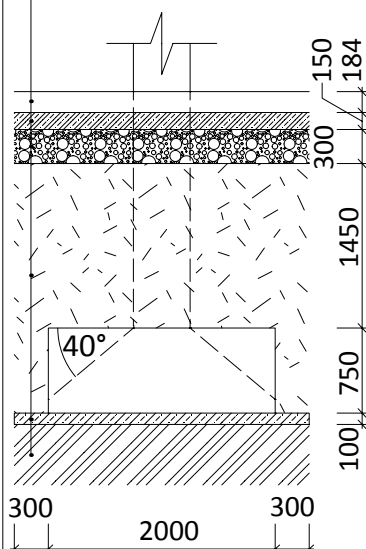
$$\frac{R_d}{A'} = 250 \text{ kPa} - \text{ÚNOSNOST ZEMINY}$$

$$A = \frac{F_{ed}}{\frac{R_d}{A'}} = \frac{841,93}{250} = 3,37 \text{ m}^2$$

$$A = a^2$$

$$a = \sqrt{A} = \sqrt{3,37} = 1,84 \text{ m} \Rightarrow \text{NAVRŽENO } 2,0 \text{ m}$$

PODLAHOVÁ KCE
VYZTUŽENÁ PODKLADNÍ MAZANINA
STABILIZOVANÁ ZEMINA - ŠTĚRK
NÁSYP - ZEMINA
PODKLADNÍ BETON
PŮVODNÍ ZEMINA



ZÁKLADOVÁ KRAJNÍ PATKA ZP2

STANOVENÍ ZATÍŽENÍ:

$$\max N_{ed} = N_{ed1} + N_{ed2} = 989,10 \text{ kN}$$

$$N_{ed1} = 946,28 \text{ kN}$$

$$N_{ed2} = (1,35 \cdot g_{k,Sl}) + (1,35 \cdot g_{k,St}) = 42,82 \text{ kN}$$

$$g_{k,Sl} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,75 \cdot 25 = 10,94 \text{ kN}$$

$$g_{k,St} = 2 \cdot [(0,25 \cdot 1,75 \cdot 0,95) \cdot 25] = 20,78 \text{ kN}$$

$g_{k,Sl}$ - VLASTNÍ TÍHA SLOUPU

$g_{k,St}$ - VLASTNÍ TÍHA ŽB BEDNÍCÍCH TVÁRNIC

VLASTNÍ TÍHA PATKY A NÁSYPU:

$$G_p = (2,4 \cdot 2,4 \cdot 0,75 \cdot 25) = 108,00 \text{ kN}$$

$$S_p = [(2,4 \cdot 2,4 \cdot 1,45 \cdot 16) + (2,4 \cdot 2,4 \cdot 0,3 \cdot 16 \cdot 5)] = 141,74 \text{ kN}$$

ZATÍŽENÍ:

Stálé	Zatížení [kN]
Vlastní tíha patky	108,00
Násyp	141,74
Celkem:	249,74

$$\text{Proměnné: } [(2,4 \cdot 2,4) - (0,5 \cdot 0,5)] \cdot 5,0 = 27,55 \text{ kN}$$

$$\max Z_{ed} = (1,35 \cdot 249,74) + (1,5 \cdot 27,55) = 378,47 \text{ kN}$$

NÁVRH ROZMĚRU PATKY:

$$F_{ed} = N_{ed} + Z_{ed} = 989,10 + 378,47 = 1367,57 \text{ kN}$$

$$\sigma_z = \frac{F_{ed}}{A'} \leq \frac{R_d}{A'}$$

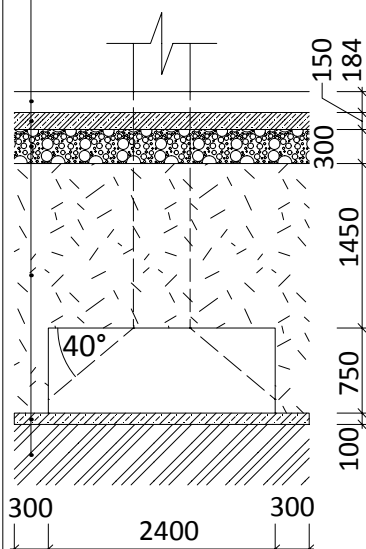
$$\frac{R_d}{A'} = 250 \text{ kPa} - \text{ÚNOSNOST ZEMINY}$$

$$A = \frac{F_{ed}}{\frac{R_d}{A'}} = \frac{1367,57}{250} = 5,47 \text{ m}^2$$

$$A = a^2$$

$$a = \sqrt{A} = \sqrt{5,47} = 2,34 \text{ m} \Rightarrow \text{NAVRŽENO } 2,4 \text{ m}$$

PODLAHOVÁ KCE
VYZTUŽENÁ PODKLADNÍ MAZANINA
STABILIZOVANÁ ZEMINA - ŠTĚRK
NÁSYP - ZEMINA
PODKLADNÍ BETON
PŮVODNÍ ZEMINA



ZÁKLADOVÁ VNITŘNÍ PATKA ZP3**STANOVENÍ ZATÍŽENÍ:**

$$\max N_{ed} = N_{ed1} + N_{ed2} = 1759,06 \text{ kN}$$

$$N_{ed1} = 1748,51 \text{ kN}$$

$$N_{ed2} = (1,35 \cdot g_{k,SI}) = 10,55 \text{ kN}$$

$$g_{k,SI} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 25 = 7,81 \text{ kN}$$

$$g_{k,SI} - \text{VLASTNÍ TÍHA SLOUPU}$$

VLASTNÍ TÍHA PATKY A NÁSYPU:

$$G_p = (3,2 \cdot 3,2 \cdot 0,75 \cdot 25) + (0,85 \cdot 0,85 \cdot 0,5 \cdot 25) = 201,03 \text{ kN}$$

$$S_p = [(3,2 \cdot 3,2 \cdot 2,1 \cdot 75 \cdot 16) + (3,2 \cdot 3,2 \cdot 0,3 \cdot 16 \cdot 5)] = 325,39 \text{ kN}$$

ZATÍŽENÍ:

Stálé	Zatížení [kN]
Vlastní tíha patky	201,03
Násyp	325,39
Celkem:	526,42

$$\text{Proměnné: } [(3,2 \cdot 3,2) - (0,5 \cdot 0,5)] \cdot 5,0 = 43,75 \text{ kN}$$

$$\max Z_{ed} = (1,35 \cdot 526,42) + (1,5 \cdot 43,75) = 776,29 \text{ kN}$$

NÁVRH ROZMĚRU PATKY:

$$F_{ed} = N_{ed} + Z_{ed} = 1759,06 + 776,29 = 2535,35 \text{ kN}$$

$$\sigma_z = \frac{F_{ed}}{A'} \leq \frac{R_d}{A'}$$

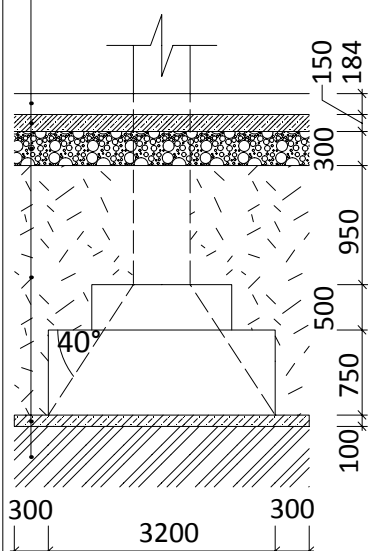
$$\frac{R_d}{A'} = 250 \text{ kPa} - \text{ÚNOSNOST ZEMINY}$$

$$A = \frac{F_{ed}}{\frac{R_d}{A'}} = \frac{2535,35}{250} = 10,14 \text{ m}^2$$

$$A = a^2$$

$$a = \sqrt{A} = \sqrt{10,14} = 3,18 \text{ m} \Rightarrow \text{NAVRŽENO } 3,2 \text{ m}$$

PODLAHOVÁ KCE
 VYZTUŽENÁ PODKLADNÍ MAZANINA
 STABILIZOVANÁ ZEMINA - ŠTĚRK
 NÁSYP - ZEMINA
 PODKLADNÍ BETON
 PŮVODNÍ ZEMINA



ZÁKLADOVÁ VNITŘNÍ PATKA ZP4

STANOVENÍ ZATÍŽENÍ:

$$\max N_{ed} = N_{ed1} + N_{ed2} = 2910,968 \text{ kN}$$

$$N_{ed1} = 2902,53 \text{ kN}$$

$$N_{ed2} = (1,35 \cdot g_{k,Sl}) + (1,35 \cdot g_{k,St}) = 42,82 \text{ kN}$$

$$g_{k,Sl} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 25 = 8,44 \text{ kN}$$

$$g_{k,St} = 2 \cdot [(0,25 \cdot 0,86 \cdot 0,75) + (1,75 \cdot 0,25 \cdot 1,0)] \cdot 25 = 22,04 \text{ kN}$$

$g_{k,Sl}$ - VLASTNÍ TÍHA SLOUPU

$g_{k,St}$ - VLASTNÍ TÍHA ZTUŽUJÍCÍ STĚNY

VLASTNÍ TÍHA PATKY A NÁSYPU:

$$G_p = (4 \cdot 4 \cdot 0,75 \cdot 25) + (2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,75 \cdot 25) = 399,19 \text{ kN}$$

$$S_p = [(0,86 \cdot 4 \cdot 0,75 \cdot 16) + (4 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 16,5)] = 375,95 \text{ kN}$$

ZATÍŽENÍ:

Stálé	Zatížení [kN]
Vlastní tíha patky	399,19
Násyp	375,95
Celkem:	775,14

$$\text{Proměnné: } [(4,0 \cdot 4,0) - (0,5 \cdot 0,5)] \cdot 5,0 = 70,95 \text{ kN}$$

$$\max Z_{ed} = (1,35 \cdot 775,14) + (1,5 \cdot 70,95) = 1046,44 \text{ kN}$$

NÁVRH ROZMĚRU PATKY:

$$F_{ed} = N_{ed} + Z_{ed} = 2910,97 + 1046,44 = 3957,41 \text{ kN}$$

$$\sigma_z = \frac{F_{ed}}{A'} \leq \frac{R_d}{A'}$$

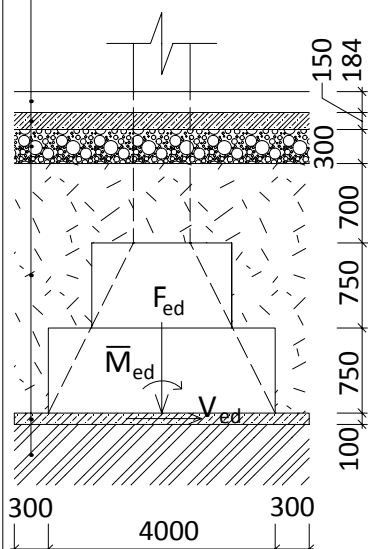
$$\frac{R_d}{A'} = 250 \text{ kPa} - \text{ÚNOSNOST ZEMINY}$$

$$A = \frac{F_{ed}}{\frac{R_d}{A'}} = \frac{3957,41}{250} = 15,83 \text{ m}^2$$

$$A = a^2$$

$$a = \sqrt{A} = \sqrt{15,83} = 3,98 \text{ m} \Rightarrow \text{NAVRŽENO } 4,0 \text{ m}$$

PODLAHOVÁ KCE
VYZTUŽENÁ PODKLADNÍ MAZANINA
STABILIZOVANÁ ZEMINA - ŠTĚRK
NÁSYP - ZEMINA
PODKLADNÍ BETON
PŮVODNÍ ZEMINA



DIMENZOVÁNÍ ZÁKLADOVÉ PATKY ZP4

Beton: C 20/25

 f_{ck} : 20 MPa

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,5} = 13,333 \text{ MPa}$$

 f_{ctm} : 2,2 MPa $f_{ctk,0.05}$: 1,5 MPa $\epsilon_{cu,3}$: 0,0035max M_{ED} = 70,35 kN.mmin M_{ED} = 62,12 kN.m

Výztuž: B500B

 f_{yk} : 500 MPa

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,78}{200.10^3} = 2,17.10^{-3}$$

max N_{ED} = -2901,53 kNmin N_{ED} = -2629,16 kN

$$\bar{M}_{ED} = M_{ED} + h \cdot V_{ED} = 70,35 + 1,5 \cdot 93,8 = 211,05 \text{ kN.m}$$

ODHAD PRŮMĚRU HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE:

$$\phi_s = 18 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max \{ 18 ; 15 ; 10 \} = 18 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 18 + 45 = 63 \text{ mm} \Rightarrow c = 70 \text{ mm}$$

VÝPOČET ÚČINNÉ VÝŠKY:

PRO SMĚR X:

$$d_1 = c + \frac{\phi}{2} = 70 + \frac{18}{2} = 79 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 1500 - 79 = 1421 \text{ mm}$$

PRO SMĚR Y:

$$d_1 = c + \frac{\phi}{2} + \phi = 70 + \frac{18}{2} + 18 = 97 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 1500 - 97 = 1403 \text{ mm}$$

VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL:

$$p_d = \sigma_z - \frac{Z_{ed}}{A} = 249,89 - \frac{1046,44}{16} = 184,5 \text{ kPa}$$

$$M_{ED,xy} = \frac{1}{2} \cdot p_d \cdot (a + 0,15 \cdot c)^2 \cdot b = \frac{1}{2} \cdot 184,5 \cdot (1,75 + 0,15 \cdot 0,5)^2 \cdot 4 = 1665,31 \text{ kN.m}$$

NÁVRH VÝZTUŽE:

$$\phi 18 \text{ á } 130 \rightarrow 30 \phi 18 \rightarrow A_s = 76,20.10^{-4} \text{ m}^2$$

POSOUZENÍ NA OHYB - SMĚR X

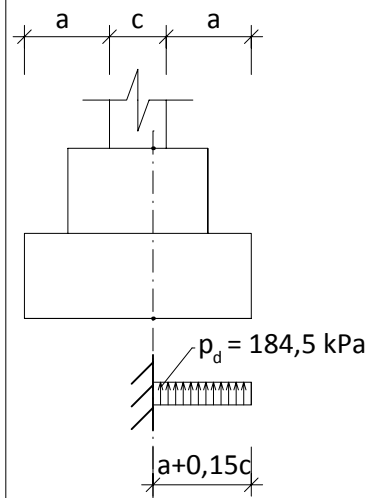
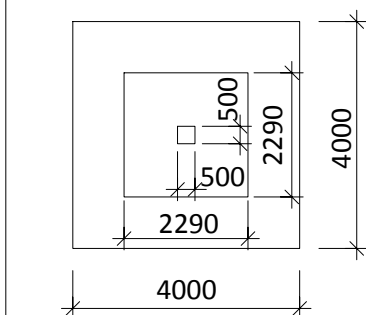
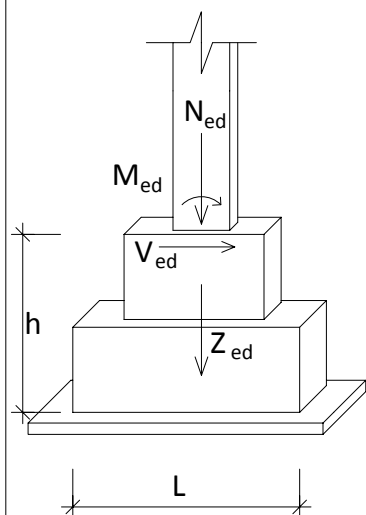
$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = \frac{76,20.10^{-4} \cdot 434,780.10^3}{4 \cdot 0,8 \cdot 13,333.10^3} = 0,078 \text{ m}$$

$$z = d - \frac{\lambda \cdot x}{2} = 1,422 - \frac{0,8 \cdot 0,078}{2} = 1,3908 \text{ m}$$

$$M_{RD,x} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z = 76,20.10^{-4} \cdot 434,780.10^3 \cdot 1,3908 = 4618,63 \text{ kN.m}$$

$$M_{RD,x} \geq M_{ED,xy}$$

$$4618,63 \text{ kN.m} \geq 1665,31 \text{ kN.m} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



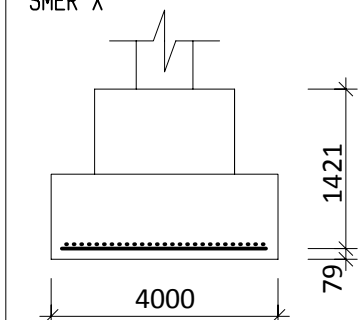
$$e = \frac{M_{ED} + V_{ED} \cdot h}{N_{ED} + Z_{ED}} = \frac{211,05}{3957,41} = 0,05 \text{ m}$$

$$\sigma_z \leq 250 \text{ kPa}$$

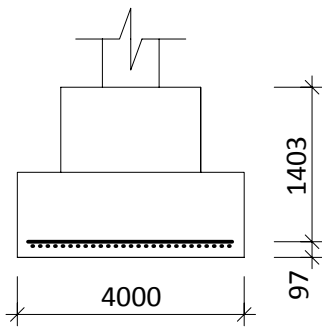
$$\sigma_z = \frac{N_{ED} + Z_{ED}}{L_y \cdot (L_x - 2e)} = \frac{3957,41}{15,8} = 249,89$$

$$249,89 \text{ kPa} \leq 250 \text{ kPa}$$

SMĚR X



SMĚR Y

**POSOUZENÍ NA OHYB - SMĚR Y**

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yD}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = \frac{76,20 \cdot 10^{-4} \cdot 434,780 \cdot 10^3}{4 \cdot 0,8 \cdot 13,333 \cdot 10^3} = 0,078 \text{ m}$$

$$z = d - \frac{\lambda \cdot x}{2} = 1,406 - \frac{0,8 \cdot 0,078}{2} = 1,3748 \text{ m}$$

$$M_{RD,x} = A_s \cdot f_{yD} \cdot z = 76,20 \cdot 10^{-4} \cdot 434,780 \cdot 10^3 \cdot 1,3748 = \mathbf{4206,86 \text{ kN.m}}$$

$$M_{RD,x} \geq M_{ED,xy}$$

$$4206,86 \text{ kN.m} \geq 1665,31 \text{ kN.m} \Rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

VÝPOČET ÚČINNÉ VÝŠKY:

PRO SMĚR X:

$$d_1 = c + \frac{\emptyset}{2} = 70 + \frac{18}{2} = 79 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 750 - 79 = 671 \text{ mm}$$

PRO SMĚR Y:

$$d_1 = c + \frac{\emptyset}{2} + \emptyset = 70 + \frac{18}{2} + 18 = 97 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 750 - 97 = 653 \text{ mm}$$

VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL:

$$p_d = \sigma_z - \frac{Z_{ed}}{A} = 250 - \frac{1046,44}{16} = 184,5 \text{ kPa}$$

$$M_{ED,xy} = \frac{1}{2} \cdot p_d \cdot (0,5 \cdot a) \cdot b^2 = \frac{1}{2} \cdot 184,5 \cdot (0,5 \cdot 1,75)^2 \cdot 4 = 282,67 \text{ kN.m}$$

NÁVRŽENÝ VÝZTUŽ:

$$\emptyset 18 \text{ á } 130 \rightarrow 30 \emptyset 18 \rightarrow A_s = 76,20 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

OVĚŘENÍ KONSTRUKČNÍCH ZÁSAD

$$A_{smin} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d ; 0,0013 \cdot b \cdot d \right\} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{2,2}{500} \cdot 4,0 \cdot 4,0 ; 0,0013 \cdot 4,0 \cdot 4,0 \right\}$$

$$A_{smin} = \max \{ 68,48 ; 73,89 \} \Rightarrow 73,89 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{smax} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 4,0 \cdot 1,5 = 2400 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

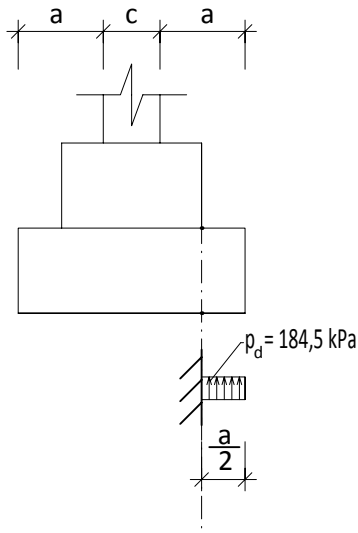
$$A_{s,min} \leq A_s \leq A_{s,max} \Rightarrow 73,89 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \leq \mathbf{76,20 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} \leq 2400 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \Rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$s_{min} = \max \{ 1,2 \cdot \emptyset ; d_g + 5 ; 20 \} = \max \{ 21,6 ; 21 ; 20 \} = 21,6 \text{ mm} < 130 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \frac{\epsilon_{cu,3} \cdot (d - x)}{x} = \frac{0,0035 \cdot (1,421 - 0,078)}{0,078} = 0,06$$

$$\epsilon_{yD} \leq \epsilon_s$$

$$2,17 \cdot 10^{-3} \leq 60 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$



POSOUZENÍ NA OHYB - SMĚR X

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yD}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = \frac{76,20 \cdot 10^{-4} \cdot 434,780 \cdot 10^3}{4 \cdot 0,8 \cdot 13,333 \cdot 10^3} = 0,078 \text{ m}$$

$$z = d - \frac{\lambda \cdot x}{2} = 0,672 - \frac{0,8 \cdot 0,078}{2} = 0,6408 \text{ m}$$

$$M_{RD,x} = A_s \cdot f_{yD} \cdot z = 76,20 \cdot 10^{-4} \cdot 434,780 \cdot 10^3 \cdot 0,6408 = \mathbf{2128 \text{ kN.m}}$$

$$M_{RD,x} \geq M_{ED,xy}$$

$$2128,00 \text{ kN.m} \geq 282,67 \text{ kN.m} \Rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ NA OHYB - SMĚR Y

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yD}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = \frac{76,20 \cdot 10^{-4} \cdot 434,780 \cdot 10^3}{4 \cdot 0,8 \cdot 13,333 \cdot 10^3} = 0,078 \text{ m}$$

$$z = d - \frac{\lambda \cdot x}{2} = 0,656 - \frac{0,8 \cdot 0,078}{2} = 0,6248 \text{ m}$$

$$M_{RD,y} = A_s \cdot f_{yD} \cdot z = 76,20 \cdot 10^{-4} \cdot 434,780 \cdot 10^3 \cdot 0,6248 = \mathbf{2074,87 \text{ kN.m}}$$

$$M_{RD,y} \geq M_{ED,xy}$$

$$2074,87 \text{ kN.m} \geq 282,67 \text{ kN.m} \Rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

KOTEVNÍ DÉLKY VÝTUŽÍ - SMĚR X:

$$\min x = \frac{h}{2} = \frac{1500}{2} = 750 \text{ mm}$$

$$z_i = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 1,421 = 1,28 \text{ m}$$

$$e = 0,15 \cdot c = 0,15 \cdot 0,5 = 0,075 \text{ m}$$

$$R = x \cdot p_d \cdot b = 0,75 \cdot 184,6 \cdot 4,0 = 553,8 \text{ kN}$$

$$z_e = a - \frac{x}{2} + e = 1,75 - \frac{0,75}{2} + 0,075 = 1,3 \text{ m}$$

$$F_s = R \cdot \frac{z_e}{z_i} = 553,8 \cdot \frac{1,3}{1,28} = 562,45 \text{ kN}$$

$$\sigma_{Sd} = \frac{F_s}{A_s} = \frac{562,45}{76,20 \cdot 10^{-4}} = 73,639 \text{ MPa}$$

KOTEVNÍ DÉLKY VÝTUŽÍ - SMĚR Y:

$$z_i = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 1,403 = 1,27 \text{ m}$$

$$e = 0,15 \cdot c = 0,15 \cdot 0,5 = 0,075 \text{ m}$$

$$R = x \cdot p_d \cdot b = 0,75 \cdot 184,5 \cdot 4 = 553,8 \text{ kN}$$

$$z_e = a - \frac{x}{2} + e = 1,75 - \frac{0,75}{2} + 0,075 = 1,3 \text{ m}$$

$$F_s = R \cdot \frac{z_e}{z_i} = 553,8 \cdot \frac{1,3}{1,27} = 568,94 \text{ kN}$$

$$\sigma_{Sd} = \frac{F_s}{A_s} = \frac{568,94}{76,20 \cdot 10^{-4}} = 74,488 \text{ MPa}$$

VÝPOČET KOTEVNÍ DÉLKY:

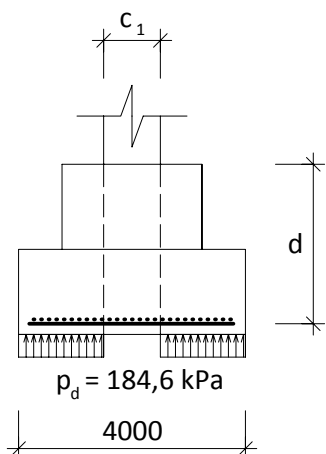
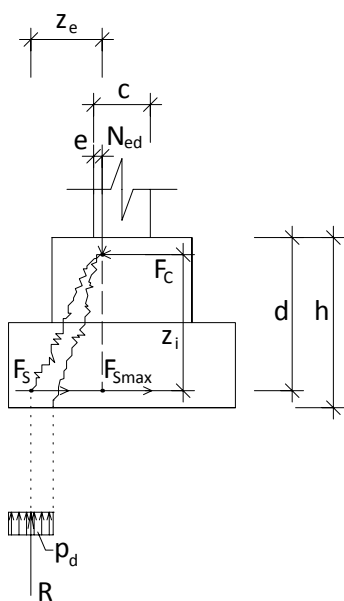
$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 2,7 \text{ MPa}$$

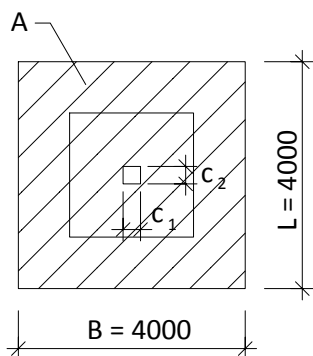
$$l_{b,rgd} = \frac{\sigma_{Sd,max}}{4 \cdot f_{bd}} = \frac{18}{4} \cdot \frac{74,488}{2,7} = 110,35 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rgd} = 1,0 \cdot 68 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 110,35 = 75,04 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = 200 \text{ mm}$$

$$l_{b,min} = \max \{ 0,3 \cdot l_{b,rgd}; 10 \cdot \emptyset; 100 \} = \max \{ 33; 180; 100 \} = 180 \text{ mm} < 200 \text{ mm}$$



**PROPICHNUTÍ:**

$$v_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{CD} = 0,5 \cdot 0,552 \cdot 13,333 = 3,68 \text{ MPa}$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{CK}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{20}{250}\right) = 0,552$$

$$v_{ED} = \beta_0 \cdot \frac{V_{ED}}{u_0 \cdot d} = 1,195 \cdot \frac{2813,99 \cdot 10^{-3}}{2,1,412} = 1,19 \text{ MPa}$$

$$\beta_0 = 1 + k \cdot \frac{\bar{M}_{ED}}{V_{ED}} \cdot \frac{u_0}{w_0} = 1 + 0,6 \cdot \frac{170,94}{2907,45} \cdot \frac{2}{0,375} = 1,195$$

$$u_0 = 2 \cdot (c_1 + c_2) = 2 \cdot (0,5 + 0,5) = 2 \text{ m}$$

$$w_0 = \frac{c_1^2}{2} + c_1 \cdot c_2 = \frac{0,5^2}{2} + 0,5 \cdot 0,5 = 0,375 \text{ m}^2$$

$$V_{ED} = p_d \cdot (B \cdot L - c_1 \cdot c_2) = 184,5 \cdot (4,0 \cdot 4,0 - 0,5 \cdot 0,5) = 2813,99 \text{ kN}$$

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{1,421 + 1,403}{2} = 1,412 \text{ m}$$

$$v_{ED} \leq v_{Rd,max}$$

$$1,19 \text{ MPa} \leq 3,68 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

PROTLAČENÍ:

$$0,5d \leq a \leq 2d$$

$$0,706 \leq 1,412 \leq 2,824$$

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_e \cdot f_{CK})^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{2d}{a} = 0,12 \cdot 1,37 \cdot (100 \cdot 13,5 \cdot 10^{-4} \cdot 20)^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{2 \cdot 1,412}{1,412} = 0,37 \text{ MPa}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{1412}} = 1,37 \leq 2$$

$$\rho_e = \frac{A_s}{L \cdot d} = \frac{76,20 \cdot 10^{-4}}{4,0 \cdot 1,412} = 13,5 \cdot 10^{-4} \leq 0,02$$

$$v_{Ed,a} = \beta_a \cdot \frac{V_{ED,a}}{u_a \cdot d} = 1,17 \cdot \frac{1197,63 \cdot 10^{-3}}{10,88 \cdot 1,412} = 0,091 \text{ MPa}$$

$$\beta_a = 1 + k \cdot \frac{\bar{M}_{ED}}{V_{ED,a}} \cdot \frac{u_a}{w_a} = 1 + 1,37 \cdot \frac{170,94}{1197,63} \cdot \frac{10,88}{39,29} = 1,06$$

$$u_a = 2 \cdot (c_1 + c_2) + 2 \cdot \pi \cdot a = 2 \cdot (0,5 + 0,5) + 2 \cdot \pi \cdot 1,412 = 10,88$$

$$w_a = \frac{c_1^2}{2} + c_1 \cdot c_2 + 4 \cdot c_2 \cdot d + 16d^2 + 2 \cdot \pi \cdot d \cdot c_1 = \frac{0,5^2}{2} + 0,5 \cdot 0,5 + 4 \cdot 0,5 \cdot 1,412 + 16 \cdot 1,412^2 + 2 \cdot \pi \cdot 1,412 \cdot 0,5 =$$

$$w_a = 39,29 \text{ m}^2$$

$$V_{ED,a} = p_d \cdot (B \cdot L - A_a) = 184,5 \cdot (4,0 \cdot 4,0 - 9,51) = 1197,63 \text{ kN}$$

$$A_a = c_1 \cdot c_2 + 2 \cdot c_1 \cdot a + 2 \cdot c_2 \cdot a + \pi \cdot a^2 = 0,5 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,5 \cdot 1,412 + 2 \cdot 0,5 \cdot 1,412 + \pi \cdot 1,412^2 = 9,51 \text{ m}^2$$

$$v_{Ed,a} \leq v_{Rd,c}$$

$$0,083 \text{ MPa} \leq 0,37 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

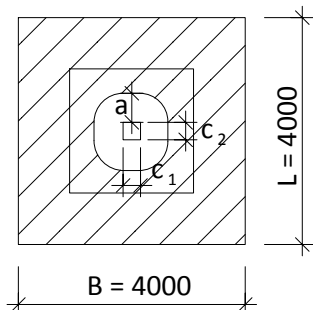
$$v_{l,min,a} = \frac{2 \cdot d}{a} \cdot v_{l,min} = \frac{2 \cdot 1,412}{1,412} \cdot 0,25 = 0,5 \text{ MPa}$$

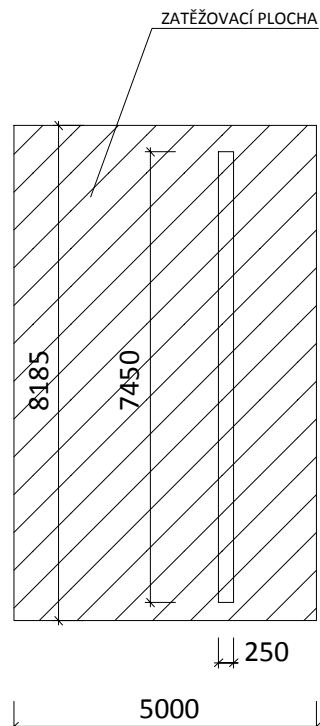
$$v_{l,min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{f_{CK}} = 0,035 \cdot 1,37^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{20} = 0,25 \text{ MPa}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{1412}} = 1,37 \leq 2$$

$$v_{Ed,a} \leq v_{l,min,a}$$

$$0,083 \text{ MPa} \leq 0,5 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



ZATÍŽENÍ OD ZTUŽUJÍCÍ STĚNY*Typické podlaží*

Stálé	tl.: [m]	objemová tíha [kN/m ³]	Zatížení [kN/m ²]
Keramická dlažba	0,008	20,0	0,16
Lepidlo	0,002	16,0	0,032
Betonová mazanina	0,070	21,0	1,470
Tepelná izolace	0,050	0,6	0,030
ŽB deska	0,200	25,0	5,000
Podhled			0,150
Celkem:			6,842

Užitné	2,5 kN/m²
---------------	-----------------------------

Střecha

Stálé	tl.: [m]	objemová tíha [kN/m ³]	Zatížení [kN/m ²]
Říční kamenivo	0,1	16,5	1,65
2xHI	0,008	12,1	0,097
TI	0,300	0,5	0,150
ŽB deska	0,200	25,0	5,000
Podhled			0,150
Celkem:			7,047

Užitné	1 kN/m²
---------------	---------------------------

Proměnné - sníh	0,8 kN/m²
------------------------	-----------------------------

Kombinace 6.10

$$a) \quad f_d = \sum \gamma_G \cdot g_k + \gamma_P \cdot p + \gamma_Q \cdot q_k + \psi_0 + \sum \gamma_Q \cdot q_{k,i} \cdot \psi_{0,i}$$

$$F_d = 24,00 \text{ kN/m}^2$$

$$b) \quad f_d = \xi \gamma_G \cdot g_k + \gamma_P \cdot p + \gamma_Q \cdot q_k + \sum \gamma_Q \cdot q_{k,i} \cdot \psi_{0,i}$$

$$F_d = 21,19 \text{ kN/m}^2$$

Předběžný návrh ZTUŽUJÍCÍ STĚNY

$$N_{Ed} = (\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k) \cdot A_{ZAT} = 4 \cdot (1,35 \cdot 6,842 + 1,5 \cdot 2,5) \cdot 5,8,185 + (1,35 \cdot 7,047 + 1,5 \cdot 1) \cdot 5,8,185 + 144,28 + 1154,25 =$$

$$N_{Ed} = 3700,642 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,St} = 1,35 \cdot g_{k,St} = 1074,895 \text{ kN}$$

$$g_{k,St} = 0,25 \cdot 7,45 \cdot [(2 \cdot 3,6) + (3 \cdot 3,3)] \cdot 25 = 796,2188 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = (0,8 \cdot f_{cd} + 0,005 \cdot f_{yd}) \cdot c = (0,8 \cdot 13,333 \cdot 10^3 + 0,005 \cdot 434,783 \cdot 10^3) \cdot 0,95 = 12198,30 \text{ kPa}$$

$$A_{St} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{3700,642}{12198,30} = 0,3034 \text{ m}^2$$

$$a = \frac{A_{St}}{l} = \frac{0,303}{7,45} = 0,041 \text{ m} \rightarrow$$

STĚNA: 0,25 x 7,45 m

ZÁKLADOVÝ PÁS ZP5

STANOVENÍ ZATÍŽENÍ:

$$\max N_{ed} = N_{ed1} + N_{ed2} = 3779,22 \text{ kN}$$

$$N_{ed1} = 3700,64 \text{ kN}$$

$$N_{ed2} = (1,35 \cdot g_{k,St}) = 78,57 \text{ kN}$$

$$g_{k,St} = [(0,25 \cdot 1,25 \cdot 7,45) \cdot 25] = 58,20 \text{ kN}$$

$$g_{k,St} - \text{VLASTNÍ TÍHA ZTUŽUJÍCÍ STĚNY}$$

VLASTNÍ TÍHA PASU A NÁSYPU:

$$G_p = (3,0 \cdot 75,8 \cdot 2,25) + (1,7 \cdot 0,5 \cdot 8,2 \cdot 2,25) = 635,50 \text{ kN}$$

$$S_p = [(2,3 \cdot 8,2 \cdot 1,75 \cdot 1,6) + (1,3 \cdot 8,2 \cdot 2,0 \cdot 3,16 \cdot 5)] = 652,58 \text{ kN}$$

ZATÍŽENÍ:

Stálé	Zatížení [kN]
Vlastní tíha patky	635,50
Násyp	652,58
Celkem:	1288,08

$$\text{Proměnné: } [(3,0 \cdot 8,2) - (0,25 \cdot 7,45)] \cdot 5,0 = 113,688 \text{ kN}$$

$$\max Z_{ed} = (1,35 \cdot 1288,08) + (1,5 \cdot 113,688) = 1909,44 \text{ kN}$$

NÁVRH ROZMĚRU PASU:

$$F_{ed} = N_{ed} + Z_{ed} = 3779,22 + 1909,44 = 5688,66 \text{ kN}$$

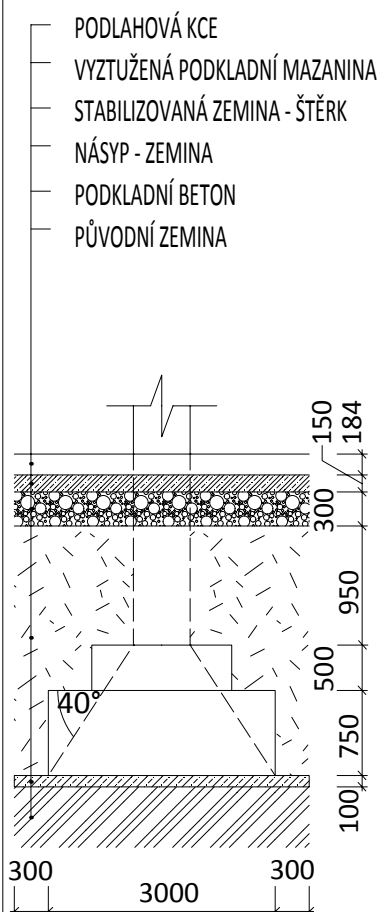
$$\sigma_z = \frac{F_{ed}}{A'} \leq \frac{R_d}{A'}$$

$$\frac{R_d}{A'} = 250 \text{ kPa} - \text{ÚNOSNOST ZEMINY}$$

$$A = \frac{F_{ed}}{\frac{R_d}{A'}} = \frac{5688,66}{250} = 22,75 \text{ m}^2$$

$$A = a \cdot b$$

$$a = \frac{A}{b} = \frac{22,75}{8,20} = 2,77 \text{ m} \Rightarrow \text{NAVRŽENO } 3,0 \text{ m}$$



DIMENZOVÁNÍ ZÁKLADOVÉHO PASU ZP5

Beton: C 20/25

 f_{ck} : 20 MPa

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,5} = 13,333 \text{ MPa}$$

 f_{ctm} : 2,2 MPa $f_{ctk,0.05}$: 1,5 MPa $\epsilon_{cu,3}$: 0,0035

Výztuž: B500B

 f_{yk} : 500 MPa

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,78}{200 \cdot 10^3} = 2,17 \cdot 10^{-3}$$

$$\overline{M}_{ED} = M_{ED} + h \cdot V_{ED} = 70,35 + 1,25 \cdot 93,8 = 187,6 \text{ kN.m}$$

ODHAD PRŮMĚRU HLAVNÍ NOSNÉ VÝZTUŽE:

$$\phi_s = 16 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max \{ 16 ; 15 ; 10 \} = 16 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 16 + 45 = 61 \text{ mm} \Rightarrow c = 70 \text{ mm}$$

VÝPOČET ÚČINNÉ VÝŠKY:

$$d_1 = c + \frac{\phi}{2} = 70 + \frac{16}{2} = 78 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 1250 - 78 = 1172 \text{ mm}$$

VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL:

$$p_d = \sigma_z - \frac{Z_{ed}}{A} = 232,09 - \frac{1909,44}{24,59} = 154,44 \text{ kPa}$$

$$M_{ED} = \frac{1}{2} \cdot p_d \cdot (a + 0,15 \cdot c)^2 \cdot b = \frac{1}{2} \cdot 154,44 \cdot (1,25 + 0,15 \cdot 0,5)^2 \cdot 1 = 151,29 \text{ kN.m}$$

NÁVRH VÝZTUŽE:

$$\phi 16 \text{ á } 350 \rightarrow 8 \phi 16 \rightarrow A_s = 16,08 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

POSOUZENÍ NA OHYB

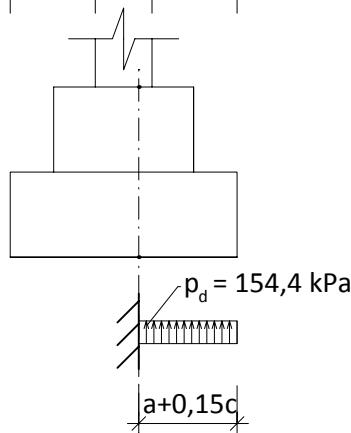
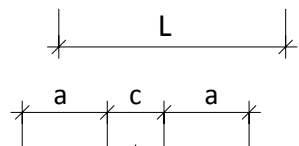
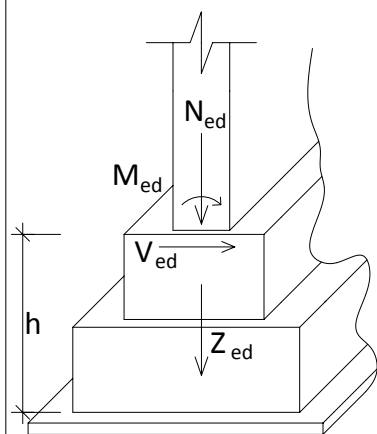
$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = \frac{16,08 \cdot 10^{-4} \cdot 434,780 \cdot 10^3}{1 \cdot 0,8 \cdot 13,333 \cdot 10^3} = 0,065 \text{ m}$$

$$z = d - \frac{\lambda \cdot x}{2} = 1,172 - \frac{0,8 \cdot 0,065}{2} = 1,15 \text{ m}$$

$$M_{RD} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z = 16,08 \cdot 10^{-4} \cdot 434,780 \cdot 10^3 \cdot 1,15 = 801,04 \text{ kN.m}$$

$$M_{RD} \geq M_{ED}$$

$$801,04 \text{ kN.m} \geq 151,29 \text{ kN.m} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

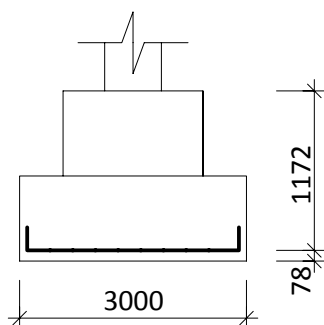


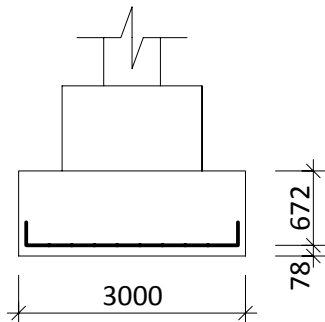
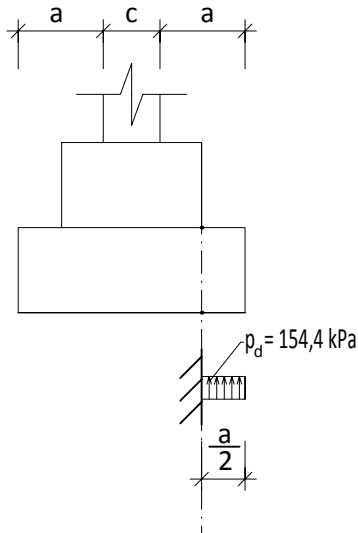
$$e = \frac{M_{ED} + V_{ED} \cdot h}{N_{ED} + Z_{ED}} = \frac{187,6}{5688,66} = 0,03 \text{ m}$$

$$\sigma_z \leq 250 \text{ kPa}$$

$$\sigma_z = \frac{N_{ED} + Z_{ED}}{L_y \cdot (L_x - 2e)} = \frac{5688,66}{24,51} = 232,09$$

$$232,09 \text{ kPa} \leq 250 \text{ kPa}$$



**VÝPOČET ÚČINNÉ VÝŠKY:**

$$d_1 = c + \frac{\varnothing}{2} = 70 + \frac{16}{2} = 78 \text{ mm}$$

$$d = h - d_1 = 750 - 78 = 672 \text{ mm}$$

VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL:

$$p_d = \sigma_z - \frac{Z_{ed}}{A} = 232,09 - \frac{1909,44}{24,59} = 154,44 \text{ kPa}$$

$$M_{ED,xy} = \frac{1}{2} \cdot p_d \cdot (0,5 \cdot a)^2 \cdot b = \frac{1}{2} \cdot 154,44 \cdot 0,6^2 \cdot 1 = 27,79 \text{ kN.m}$$

NÁVRŽENÝ VÝZTUŽ:

$$\varnothing 16 \text{ á } 350 \rightarrow 8 \varnothing 16 \rightarrow A_s = 16,08 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

POSOUZENÍ NA OHYB

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yD}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = \frac{16,08 \cdot 10^{-4} \cdot 434,780 \cdot 10^3}{1 \cdot 0,8 \cdot 13,333 \cdot 10^3} = 0,065 \text{ m}$$

$$z = d - \frac{\lambda \cdot x}{2} = 0,672 - \frac{0,8 \cdot 0,065}{2} = 0,646 \text{ m}$$

$$M_{RD,x} = A_s \cdot f_{yD} \cdot z = 16,08 \cdot 10^{-4} \cdot 434,780 \cdot 10^3 \cdot 0,646 = \mathbf{451,48 \text{ kN.m}}$$

$$M_{RD,x} \geq M_{ED,xy}$$

$$451,48 \text{ kN.m} \geq 33,23 \text{ kN.m} \Rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

OVĚŘENÍ KONSTRUKČNÍCH ZÁSAD

$$A_{smin} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d ; 0,0013 \cdot b \cdot d \right\} = \max \left\{ 0,26 \cdot \frac{2,2}{500} \cdot 1,0 \cdot 1,172 ; 0,0013 \cdot 1,0 \cdot 1,172 \right\}$$

$$A_{smin} = \max \left\{ 13,34 ; 15,23 \right\} \Rightarrow 15,23 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{smax} = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 1,0 \cdot 1,25 = 500 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} \leq A_s \leq A_{s,max} \Rightarrow 15,23 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \leq \mathbf{16,08 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} \leq 500 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \Rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$s_{min} = \max \{ 1,2 \cdot \varnothing ; d_g + 5 ; 20 \} = \max \{ 19,2 ; 21 ; 20 \} = 21 \text{ mm} < 350 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \frac{\epsilon_{cu,3} \cdot (d - x)}{x} = \frac{0,0035 \cdot (1,172 - 0,065)}{0,065} = 0,06$$

$$\epsilon_{yD} \leq \epsilon_s$$

$$2,17 \cdot 10^{-3} \leq 60 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$